

RECHERCHES PHYSIQUES
SUR LA CAUSE DE LA QUEÜE DES COMETES, DE LA LUMIERE BOREALE, ET DE LA LUMIERE ZODIACALE,

PAR MR. EULER.

Traduit du Latin.



IL Y A BEAUCOUP d'affinité entre les queües des Cometes & la Lumiere Boreale. En effet la queüe d'une Comete doit offrir à un spectateur placé sur sa surface dans l'hemisphere opposé au soleil, un Phénoméne presque semblable à celui de la Lumiere Boreale sur la Terre; avec cette difference que la Lumiere de la queüe des Cometes est perpetuelle, beaucoup plus forte, & environne ces Corps de toutes parts, au lieu que la Lumiere Boreale ne paroit qu'en certains tems, & pour l'ordinaire dans une certaine région seulement du Ciel. Depuis lorsque le Ciel brille à nos yeux de l'eclat d'une forte lumiere Boreale, on ne sauroit douter, que la Terre ne paroisse comme ornée d'une petite queüe du coté Septentrional, aux spectateurs qui sont placés hors d'elle, par exemple, dans la Lune. Ainsi quoiqu'outre cette direction, il y ait encore plusieurs autres differences, qui distinguent l'Aurore Boreale des Queües des Cometes, il reste pourtant une ressemblance si considerable entre ces deux Phénoménes, que nous sommes tout à fait fondés à dériver leur origine de la même cause;

de ſorte que ſi l'on ſait bien la veritable cauſe de l'un, on ne ſauroit être dans l'ignorance à l'égard de l'autre. Il eſt conſtant que le célébre Mr. *de Mairan*, qui prétend avoir trouvé la cauſe de la Lumiere Boréale dans la Lumiere Zodiacale, ſe propoſe d'expliquer auſſi les queües des Cometes par le même principe. Mais comme pluſieurs Cometes paroiſſent avec des queües, avant que d'avoir atteint la Lumiere Zodiacale, il en naît une objection importante contre cette explication même de l'Aurore Boreale; & cette difficulté jointe à pluſieurs autres, qu'on peut former contre cette Hypotheſe, d'ailleurs extrémement ingénieuſe, lui ôte beaucoup de ſa vraiſemblance. Je me perſuade d'être en etat d'aſſigner une cauſe qui puiſſe ſatisfaire à l'explication de l'un & de l'autre de ces deux Phénoménes, & qui ſoit en même tems ſi bien liée avec les autres verités fondamentales de la Phyſique, qu'il ne ſera preſque plus permis de la revoquer en doute.

II. On se sert ordinairement de pluſieurs Argumens pour prouver que les queües des Cometes, auſſi bien que l'Aurore Boreale, ne ſont pas de purs phantomes & des illuſions de la vüe, comme l'Arc en Ciel, les Halos &c. mais qu'il exiſte effectivement dans les endroits où on les apperçoit des Corpuſcules, d'où part cette Lumiere: quoiqu'on convienne que pluſieurs Phénoménes particuliers de l'Aurore Boreale ſe produiſent par la réflexion & par la réfraction des rayons. Etant donc certain que dans les régions où exiſtent les Cometes, & dans le voiſinage de la Terre, où les Aurores Boreales paroiſſent de tems en tems, il y a des Corpuſcules propres à la repréſentation de ces Phénoménes, il naît de là une double Queſtion; ſavoir, quels ſont ces Corpuſcules? & d'où ils ont été apportés dans ces régions? Mr. *de Mairan* y répond, en diſant

que

que ces Corpuſcules viennent de l'Atmoſphére Solaire, où il place la Lumiere Zodiacale, & ſont tranſportés de cette Atmosphere dans les endroits, où ils produiſent les Phenomenes ſusdits. Ce ſentiment eſt ſujet à bien des difficultés, puisqu'on ne ſauroit comprendre, comment cette Atmosphere Solaire peut s'etendre à une ſi grande diſtance de ſoleil, pourquoi elle ne s'etend auſſi qu'autour de l'Equateur du Soleil, & comment pluſieurs Cometes ont des queües, quoiqu'elles n'atteignent jamais cette Atmosphere. Il eſt donc beaucoup plus probable que la Lumiere Zodiacale meme procede d'une pareille cauſe que les Queües des Cometes & l'Aurore Boreale, en ſorte que les particules qui forment la Lumiere Zodiacale émanent du Soleil, de la même maniere que les particules, auxquelles nous attribuons les Queües des Cometes & la Lumiere Boreale, procédent de ces Corps mêmes. En effet le Soleil eſt environné autour de ſon Equateur d'une lumiere qui s'etend à une diſtance prodigieuſe, & qu'on appelle Zodiacale, les Cometes ont une lumiere ſous l'apparence de Queüe dans la région à peu prés oppoſée au Soleil, & la Terre paroit quelquefois revetüe d'une lumiere qui ſe manifeſte au Septentrion. Quelque difference qu'il y ait à divers egards entre ces Phénoménes, elle n'eſt pourtant pas telle qu'ils ne puiſſent etre produits par la même cauſe. Car la diverſité des Corps du Soleil, de la Terre & des Cometes peut tellement modifier l'action d'une même cauſe, qu'il paroiſſe en reſulter des effets extrémement diſſemblables. C'eſt pourquoi je ne balance point à déduire ces trois Phénoméues de la même cauſe.

III. Et d'abord pour ce qui regarde la nature des Corpuscules qui nous repréſentent ces Phénoménes, il faut, puisqu'ils ſont viſibles & qu'ils nous envoyent des rayons, qu'ils ſoient lumineux, ou

du moins eclairés. Mais, quoique la Lumiere Zodiacale, comme venant du Soleil, semble prouver que ces particules ont une lumiere propre, on ne sauroit d'un autre coté supposer rien d'embrasé ou d'ardent dans les Queües des Cometes, puisque les Cometes elles mêmes sont des Corps opaques, & que, ce nonobstant, elles jettent plus de lumiere que leurs queües. Mais comme les Planetes & les autres Corps opaques, qui sont à une grande distance de nous, paroissent, lorsque le Soleil les éclaire, briller d'une lumiere à peu prés egale à celle des Etoiles fixes, qui sont des Corps naturellement lumineux, il semble suffisant pour expliquer les Phénoménes des Queües des Cometes, de la Lumiere Zodiacale, & de l'Aurore Boreale, de supposer qu'il y a dans ces endroits là des particules opaques, qui reçoivent la lumiere du Soleil. Ce n'est pas que je voulusse depouïller entierement ces particules de toute lumiere propre, puisqu'il peut arriver, malgré leur opacité naturelle, qu'en passant d'une Atmosphére plus épaisse dans un air plus libre, leur etat d'equilibre change de maniere à leur faire aquerir les vibrations requises pour former des rayons lumineux. Il se peut même que ces particules, detachées de l'Atmosphére par une cause que j'indiquerai dans la suite, soient d'une nature ignée, & qu'elles s'embrasent facilement d'elles mêmes. De plus, comme les Etoiles sont pour l'ordinaire visibles à travers ces Phénoménes, il faut que la matiere formée de l'assemblage de ces particules soit trés rare, mille fois plus & au delà que le nuage le plus delié. Car un nuage qui est transparent de prés, perd, dés qu'il s'eloigne toute sa pellucidité, parce que les Corps placés à certains intervalles les uns des autres, paroissent au Spectateur d'autant plus prés entr'eux, que leur eloignement est grand. Si donc les Queües des Cometes conservent leur transparence à une aussi enorme distance,

diſtance, il faut néceſſairement que les particules dont elles ſont compoſées, ſoient à de très grands intervalles les unes des autres. C'eſt de là que *Newton* a tiré cette concluſion fort vraiſemblable, que toute la matiere qui forme la plus longue queüe d'une Comete, etant comprimée, ne rempliroit peut-etre pas l'eſpace d'un pouce cubique.

IV. POUR EXPLIQUER ces phénoménes, je dis que les rayons du Soleil peuvent chaſſer des Atmoſphéres des Planetes les particules les plus ſubtiles, ſur lesquelles ils agiſſent. Car ſi les rayons de lumiere partoient effectivement du Soleil, comme Newton le prétend, avec une vîteſſe auſſi grande que l'eſt celle que les Obſervations leur attribuent, il n'y auroit aucun lieu de douter qu'ils n'enlevent avec une extrême force les corpuscules contre lesquels ils heurtent. Mais ſi l'on établit, au lieu du mouvement veritable des rayons, une propagation de flots de lumiere à travers l'ether, que je crois avoir demontrée dans ma Theorie de la lumiere & des Couleurs, de maniere que cette propagation de lumiere dans l'ether ſe faſſe comme celle du ſon dans l'air, il ſemble plus difficile d'expliquer, comment de ſemblables flots peuvent enlever les particules qui voltigent dans l'Atmosphére. Cependant comme un ſon vehement excite non ſeulement un mouvement vibratoire dans les particules de l'air, mais qu'on obſerve encore un mouvement réel dans les petites pousſieres trés legéres qui voltigent dans l'air, on ne ſauroit douter que le mouvement vibratoire cauſé par la lumiere ne produiſe un ſemblable effet. Nous voyons en effet que les rayons du Soleil raſſemblés par le miroir ardent écartent & diſſipent avec une grande force les plus petits corpuſcules qui ſont placés au foyer; & de cette force que l'Experience nous montre dans les rayons reünis, nous ſommes en droit de conclurre, que chaque rayon en a une ſembla-

ble, quoique beaucoup moindre. La même conséquence découle de la nature même des rayons. Car, quoique les particules, dont le mouvement vibratoire fait la lumiere, ne s'ecartent pas sensiblement des lieux qu'elles occupent, cependant il y a quelque espace trés petit dans lequel elles se meuvent, & ce mouvement suffit pour ebranler un peu les corpuscules les plus légers, contre lesquels elles heurtent; lequel ébranlement etant continuellement repeté, il faut qu'à la fin ces corpuscules s'avancent d'un espace sensible. Il est évident que cela demande un tems considerable; & cela à proportion de l'epaisseur de ces particules, & de la résistance de la pesanteur, qui peut même etre telle qu'elle détruise entiérement cet effet. A moins donc que ces particules ou petites poussieres qui voltigent dans l'Atmosphere de quelque Planete, ne soient de la derniere tenuité, que leur force de pesanteur ne puisse etre surmontée, & qu'elles ne demeurent assez longtems exposées à l'action des rayons du Soleil, il sera difficile qu'elles puissent etre chassées à une distance considerable. Toutes ces circonstances doivent etre soigneusement remarquées, comme essentielles à l'intelligence de l'explication suivante.

V. Ayant donc établi cette force des rayons, je considererai d'abord une Cométe, (Fig. I.) dont le noyau ou le veritable Corps soit sphérique aADBb, & environné d'une Atmosphére pareillement sphérique iEHGJFh. Que les rayons du Soleil viennent du coté EHGJF suivant les directions paralléles EEE, FFF. Alors les rayons solaires GGD; qui tombent directement, ou qui atteignent le Corps de la Comete, en vertu de la force ci dessus prouvée, chasseront les particules subtiles, ou les especes de petites poussieres vers le Corps même de la Comete, & ne les pousseront

par

par conſequent pas hors de ſon Atmosphére. Mais les rayons qui ne font que friſer l'Atmoſphere de la Cométe, comme EEE, FFF, enleveront avec eux les particules E & F, ſituées aux extremités de l'Atmoſphere, & les emporteront ſuivant les directions EE & FF. Et comme ces particules peſent vers le Corps de la Comete, auſſitot qu'elles ſeront chaſſées hors de l'Atmoſphére, la double force, ſavoir celle de peſanteur, & celle que leur impriment les rayons du Soleil, leur fera ſuivre les lignes Courbes, Ee, Ff, & elles continüeront à s'eloigner ainſi toujours plus de la Comete même, puisqu'elles reſtent perpetuellement expoſées à l'action des rayons. Il réſultera un ſemblable effet des rayons les plus voiſins de EE, FF, qui paſſent bien par l'Atmoſphere de la Comete, mais qui ne pénetrent pas jusqu'au noyau. Les derniers rayons, qui produiront cet effet, ſeront HHa, IIb, qui aprés la réfraction qu'ils ſouffrent dans leur paſſage par l'Atmoſphere, touchent le Corps de la Comete dans les points *a* & *b*, & ſouffrant alors une nouvelle réfraction, s'en vont ſuivant les directions *abb*, *bii*. Elles emporteront donc avec elles ſuivant ces directions les particules les plus ſubtiles de l'Atmoſphére, autant néanmoins que leur mouvement ne ſera pas empeché & leur direction rendue courbe par la peſanteur. Mais on s'appercevra principalement de l'effet de la peſanteur, lorsque ces particules ſeront une fois pouſſées hors de l'Atmosphére, parce que, tandis qu'elles y ſont, leur peſanteur ſpecifique presque égale à celle de l'Atmoſphére, fait qu'elles n'y gravitent point. Cette peſanteur ne courbe pas ſeulement le mouvement de ces particules ſuivant la direction *bb*, *ii*, des rayons, mais parce qu'elles ſe rencontrent expoſées à l'action des rayons EE, FF, & des autres rayons exterieurs qui ſuivent la même direction, leur mouvement ſe courbe con-

tinuellement d'autant plus vers ces directions E E & F F. De cette maniere donc, pendant un espace de tems suffisant, il sort une quantité considerable de ces particules hors de l'Atmosphére de la Comete, qui remplissent l'espace E i e f h F derriere la Comete, diametralement opposé au Soleil; & cet espace à cause des rayons divergens *abb*, *bii*, ne sera pas cylindrique, mais il représentera un Cone divergent. Cependant cette divergence, comme nous l'avons déja remarqué, est considerablement reprimée par l'action des rayons exterieurs. Lors donc que les particules repanduës dans cet espace nous sont visibles, elles offrent à nos yeux le Phénoméne, que nous avons coutume d'appeller la Queüe d'une Comete.

VI. Il paroit donc par ce que nous venons de dire, que si la Comete etoit en repos & que son Corps fut rond, sa Queüe paroîtroit dans la Region directement opposee au Soleil, & qu'elle occuperoit dans le Ciel un espace un peu divergent. Pour la longueur de la Queüe, elle sera plus grande, à proportion que les rayons du Soleil auront exercé plus longtems leur action, ou que la Comete sera plus voisine du Soleil, parce qu'en ce dernier cas la force des rayons augmente considerablement. L'eclat de la Queüe sera aussi proportionné à la grandeur de l'Atmosphére de la Comete, & au nombre des particules qui auront cedé à l'action des rayons. Car plus l'Atmosphére est vaste, plus il y a de rayons qui peuvent passer à travers, sans toucher le Corps de la Comete. Or les Observations témoignent evidemment, que les Cometes sont le plus souvent environnées de trés amples Atmosphéres; ce qui confirme non seulement beaucoup l'explication de la Queüe des Cometes que nous donnons ici, mais sert encore à rendre raison d'un Phénoméne non moins remarquable. C'est que quand la Comete est placée dans une region, où l'on

l'on ne devroit voir que cette partie de son milieu, qui est opposée au Soleil, elle continüe cependant à paroître toute lumineuse, & ne revêt point les apparences des phases, qu'offrent les Planetes dans de semblables situations. Or comme on sait qu'à cause de la réfraction, il y a continuellement plus de la moitié de la Terre qui est illuminée, & que d'un autre coté la réfraction est d'autant plus grande qu'une Atmosphére est plus vaste & plus épaisse, il est clair que le soleil doit illuminer beaucoup au delà de la moitié des Cometes. Ainsi dans notre figure la portion illuminée est representée par l'arc *a*ADB*b*, qui est considerablement plus grand que la demi-circonférence du Cercle; & il paroit probable que des portions encore beaucoup plus grandes des Cometes sont illuminées. Et même l'Atmospére pourroit etre si etendüe, & doüée d'une si grande force de réfraction, que toute la moitié opposée au soleil fut eclairée, de sorte que la Comete paroitroit pleine en toute situation. Mais quand même quelque partie, comme *a b*, ne recevroit point de rayons, cependant à cause de l'extreme convergence des rayons des extremités *a o*, *b o*, le cone d'ombre placé derriere la Comete devient si petit, que si par hazard il est tourné vers nous, ce qui ne peut arriver que rarement, on peut à peine l'appercevoir. Car ce cone *a o b* etant environné de toutes parts d'une matiere eclairée, les tenebres qui y sont renfermées ne sauroient se montrer. La partie *a b* reçoit elle-même quelque clarté de la lumiere de l'Atmosphére, de sorte qu'il n'y a aucun endroit de la surface de la Comete, qui soit entierement destitué de lumiere.

VII. VOYONS à présent quel changement le mouvement de la Comete peut apporter dans la formation de la queüe; & d'abord supposons une Comete arretée dans la meme place du Ciel, où elle n'ait qu'un mouvement de rotation par lequel elle tourne autour de

quelque Axe. On comprend aiſément, que ſi l'Axe, autour duquel la Comete tourne, eſt dirigé vers le ſoleil, en ſorte que la droite D C D repreſente cet Axe, ce mouvement ne ſauroit troubler ſenſiblement la génération de la queüe. Car, lorsque la Comete tourne autour de ſon axe D D, les particules E α F, qui ſont exposée à l'action des rayons, n'y ſont point ſouſtraites par le mouvement gyratoire, mais elles conſervent perpetuellement à l'egard des rayons la même ſituation que ſi ce mouvement gyratoire n'exiſtoit point; d'où s'enſuit que les rayons du ſoleil produiront le même effet, & enleveront avec eux les particules les plus ſubtiles de l'Atmoſphére, ſuivant la même direction que dans le cas précedent. Toute la difference qui peut ſe rencontrer, c'eſt que la matiere, dont la queüe eſt formée, aquiere une ſorte de mouvement gyratoire, qui en partie ſera tout à fait lent, & en partie ne changera rien à l'aſpect de la queüe. Mais ſi l'axe, autour duquel la Comete tourne eſt perpendiculaire à la droite C I tirée au ſoleil, comme eſt la ligne A B; en ſorte que le Soleil ſoit perpetuellement viſible dans l'Equateur de cette comete, les particules que les rayons du Soleil avoient miſes en mouvement ſe ſouſtrairont bientot à cauſe du mouvement de rotation à l'action de ces rayons, & cela d'autant plus promtement qu'elles ſeront plus voiſines de l'Equateur. A moins donc que le mouvement de rotation ne ſoit extraordinairement lent, en ſorte que le tems, pendant lequel ces particules ſoutiennent l'action des rayons, ſuffiſe pour les ecarter à une diſtance aſſez conſiderable, avant qu'elles s'ecartent, la formation de la queüe ſera fortement empechée dans cette région. Mais plus nous approcherons des Poles de la Comete A & B, plus longtems ces particules demeureront ſoumiſes à l'action des rayons, tant à cauſe

de

de la lenteur du mouvement de rotation, que de la grande réfraction des rayons; & ainsi les particules placées aux Poles mêmes soutiendront perpetuellement cette action. Dans ce cas par conséquent les rayons du soleil produiront autour des Poles de la Comete le même effet que s'il n'y avoit point de mouvement de rotation; mais il se détachera beaucoup moins de particules des autres régions de l'Atmosphère, & elles s'ecarteront à un beaucoup moindre intervalle; ce qui fera paroitre la queüe de la Cométe fort foible. De ces deux cas qui sont les extremes opposés, il est aisé de conclurre, comment & combien le mouvement de rotation préjudicie à la formation de la queüe, en supposant l'axe incliné à la droite CI sous un angle oblique quelconque.

VIII. COMME LE mouvement gyratoire de la Comete change en partie la grandeur, & en partie la figure de la queüe, de même son mouvement vrai dans l'orbite qu'elle décrit autour du soleil courbe un peu la direction de la queüe. En effet, soit (fig. 2.) ABCDE l'orbite de la comete, qui ait son foyer dans le soleil S. Si la Comete s'arretoit, sa queüe formée par les rayons du soleil A*a* auroit une direction opposée à la droite SA. Si nous supposons à présent que la Comete avance dans son orbite suivant AB; pendant ce tems là de nouvelles particules seront continuellement chassées de son Atmosphére, suivant la direction des rayons du Soleil; laquelle changeant continuellement, & l'action par laquelle ces particules sont chassées n'etant pas trop rapide, les parties de la queüe les plus eloignées de la Comete ne suivront pas aussi bien son mouvement que celles qui en sont les plus proches. Ainsi dans la situation de la Comete B la queüe B*b* ne sera pas placée suivant la droite SB prolongée, mais elle s'en écartera vers *a*, & se courbera tant soit peu;

de

de maniere que ses extremités *a* & *b* se reüniront, ou du moins ne seront pas fort eloignées l'une de l'autre. Alors la Comete s'avançant toujours vers *c*, toute la queüe, qui est continuellement réparée & augmentée par les nouvelles particules qui y sont chassées, suivra à la verité le mouvement de la Comete, mais de maniere cependant que les parties les plus eloignées s'y conformeront moins; d'où il arrivera que la queüe de la Comete aura perpetuellement un peu de courbure, & s'ecartera de la direction du Soleil SC ou SD; déclinaison qui sera d'autant plus grande, que la Comete sera müe avec plus de rapidité, & que son orbite sera plus courbe. Cela est non seulement si conforme aux Loix du mouvement, que cette déclinaison & cette courbure de la Queüe pourroit etre exactement determinée par le calcul, si l'on connoissoit exactement la vîtesse, avec laquelle les particules qui forment la queüe sont chassées; mais encore toutes les Observations confirment la même chose au sujet de ce Phénoméne. Mais quand la Comete passe par le Perihélie, où non seulement son mouvement est le plus rapide, mais où son orbite à aussi le plus de courbure, la direction de la queüe doit alors s'ecarter beaucoup de l'opposition du Soleil. Il peut même arriver, si la Comete parcourt avec trop de vitesse cette région, que l'extreme force des rayons du Soleil engendre une nouvelle queüe, avant que la premiere puisse suivre; & dans ce cas la Comete paroitra avoir en E deux ou plusieurs queües E*e*, E*e'*, E*e*², E*e*³. C'est ce Phénoméne meme qui a été observé dans la Comete de 1744. à laquelle on apperçut plusieurs queües, tant qu'elle fut autour de son Perihélie. Cette Comete fut pendant quelque tems si voisine du Soleil, que pendant une partie de ce tems il auroit pu s'engendrer une nouvelle queüe, quand même elle n'en auroit point eu auparavant;

vant; mais comme elle en avoit déja une, & que cette nouvelle production fut quelquefois reïterée, la cause de cette pluralité de queües qu'on y observa, est assez manifeste.

IX. JUSQU'A PRE'SENT nous avons supposé le corps de la Comete parfaitement rond; mais on comprend aisément que la formation de la queüe dépend beaucoup de la figure de la Comete. Supposons donc (Fig. 3.) que le corps de la Comete *a*ADB soit oblong par rapport au Soleil; ce qui fait que les rayons tombent suivant la direction GC dans la situation quelconque exprimée par la figure; car la diversité de la situation ne contribuë pas peu à la figure de la queüe. Mais, pour ne pas me jetter dans de trop grandes longueurs, il me suffira de considerer une situation unique, de laquelle on purra aisément déduire les variations qui peuvent naître de toute autre. Et d'abord les rayons extremes EE, FF, en rasant l'Atmosphére de la Comete, en emportent des particules suivant la direction E*e*, FF, si l'on a en même tems egard à la pesanteur. Considerons ensuite les rayons HH & II, qui etant entrés dans l'Atmosphére y souffrent une réfraction, par laquelle ils touchent le corps même de la Comete en *a* & *b*. Donc ces rayons chasseront des particules de l'Atmosphére suivant les directions *abb*, *bii*, dont l'une sera plus, l'autre moins inclinée à la direction G*g*; & dans l'etat que la Figure exprime, la gravité fera encore plus décliner de la direction GG les particules *ii* que les particules *bb*. Ainsi quoique la force des rayons externes, dont les particules *bb* éprouvent l'action, soit peut-etre suffisante pour les pousser suivant la direction FF, il pourroit cependant arriver que la même force ne fut pas capable de contraindre les particules *ii* à garder la direction EE. Dans ce cas ces particules *ii* formeront une queüe par-

ticuliere

ticuliere moindre, dont la direction differera tantot plus, tantot moins, de celle de la queüe principale EF*ef*, suivant que la situation de la figure ovale AB changera par rapport au Soleil. Nous découvrons par ce moyen la cause de ces queües fourchuës, qui ont éte souvent observées, & en particulier dans la Comete de l'année 1744. à l'egard de laquelle les Observations ont fait voir que son Corps s'eloignoit extrêmement de la figure sphérique, puisque son plus grand axe etoit double de son moindre. Que s'il arrive une si grande déclinaison aux particules *bb*, que l'action des rayons exterieurs ne puisse les ramener à la direction, alors la queüe paroîtra fenduë en trois, ou bien la queüe principale aura deux branches, qui seront divergentes depart & d'autre. La même chose peut aussi arriver quand la Comete a une figure spherique; car si (Fig. I.) l'obliquité des rayons *bb* & *ii* est si grande, que la direction des particules qu'ils chassent, ne puisse etre corrigée par le reste des rayons, la queüe aura une forte divergence, tout près du Corps de la Comete, & suivant la situation du Spectateur, pourra paroître separée en trois. Au moins en général la queüe de la Comete doit montrer auprés du Corps tant soit peu de divergence.

X. Aprés avoir ainsi exposé la cause, qui produit la queüe des Cometes, & avoir montré qu'elle s'accorde parfaitement avec tous les Phénoménes, de sorte qu'il n'est presque plus permis de douter de sa verité, voyons ce que la force des rayons du Soleil est capable de produire dans l'Atmosphére des Planetes. Et d'abord plusieurs s'etonneront peut-etre que les Planetes n'ayent point de queües, vû que leurs Atmosphéres sont constamment exposées à l'action du Soleil, & que les Cometes pour l'ordinaire ne conservent la leur que pendant un court espace de tems. Mais il

y a une grande difference entre l'Atmoſphére des Cometes & celle des Planetes. Les Cometes ont des Atmoſphéres tres vaſtes, dont le diametre eſt ſouvent ſix fois, & au delà, plus grand que le diametre du noyau ou du vrai Corps de la Comete, au lieu qu'au contraire les Atmoſphéres des Planetes excedent à peine les Corps de ces Aſtres de la centieme, ou même de la millieme partie. Car la plupart des Obſervations ſemblent confirmer que l'Atmoſphére de la Terre ne s'etend presque pas au delà d'un mille d'Allemagne, quoique ſon diametre ait environ deux mille de ces milles. Dans les autres Planetes on remarque à peine la moindre trace d'Atmoſphére. Ainſi les Atmoſphéres des Planetes etant ſi ſubtiles & ſi petites qu'on peut les compter pour nulles au prix des Atmoſphéres des Cometes, il n'eſt pas ſurprenant qu'il ne s'y engendre aucune queüe. L'extreme petiteſſe de l'Atmoſphére des Planetes eſt encore cauſe, qu'auſſi-tot que quelque particule en a été chaſſée, la peſanteur à cauſe du voiſinage de la Planete eſt aſſez forte pour la ramener. Au contraire dans les Cometes, dont les Atmoſphéres s'etendent ſi loin, la peſanteur des particules, lorsqu'elles commencent à s'en détacher, eſt déja ſi diminuée qu'elle ne ſauroit empêcher l'effet des rayons, en ſuppoſant que la peſanteur vers le Corps des Cometes décroit auſſi en raiſon doublée des diſtances de leur centre. Ajoutons qu'il paſſe fort peu de rayons par les Atmoſphéres des Planetes, au lieu qu'il y en a beaucoup qui traverſent les Atmoſphéres des Cometes. Enfin ce qui met le plus d'obſtacle à la génération des queües par rapport aux Planetes, c'eſt leur mouvement de rotation, qui empêche que la même particule puiſſe demeurer aſſez longtems expoſée à l'action des rayons, à laquelle le mouvement en queſtion la ſouſtrait auſſi tot. Toutes ces

 circon-

circonſtances étant contraires à la production des queües, devoient néceſſairement en priver les Planetes; & c'eſt par cet endroit principalement qu'elles different des Cometes.

XI. NEANMOINS, lorsque les rayons du Soleil paſſent par l'Atmoſphére de quelque Planete, la force que nous avons démontré réſider en eux, ne doit pas etre cenſée oiſive & ſans effet. Si elle ne ſauroit y produire de ces Phénoménes qui s'appercoivent de loin, elle ſera peut-etre propre à en faire naître de viſibles dans une plus grande proximité. Voyons de quelle nature ils pourroient etre. Les particules qui voltigent dans l'air qui nous environne ſont ſoumiſes à cette action des rayons du Soleil, quand nous voyons cet Aſtre à l'Horizon. Au lever du Soleil elles ſont pouſſées vers l'Occident, & à ſon coucher vers l'Orient; & cette impulſion ſe faiſant ſuivant la direction des rayons, elles doivent dans l'un & dans l'autre cas etre chaſſées de l'Atmoſphére, & s'eloigner d'autant plus de la terre, qu'elles auront été plus longtems expoſées à cette action des rayons; mais bientot, au moins dans nos contrées, ces particules doivent ſe ſouſtraire à la force qui agit ſur elle, à cauſe du mouvement diurne de la Terre, & elles retombent dans l'Atmoſphére. Mais quand, vers le lever du Soleil, pluſieurs de ces particules ſeront chaſſées du coté de l'Occident, & qu'elles s'élevent au deſſus de la région de l'air épais, elles deviendront viſibles aux habitans de la Terre, qui ſont Occidentaux à notre egard, & pour qui le Soleil n'eſt pas encore levé, & elles leur apporteront une eſpece de point du jour. De même au coucher du Soleil les particules ſeront chaſſées de nôtre air vers les contrées, pour leſquelles le Soleil eſt déja couché, & y produiront le crepuſcule. Je ne crains point même d'affirmer que c'eſt là la veritable cauſe

du

du crépuſcule tant du matin que du ſoir. Car le terme du crepuſcule arrivant, lorsque le ſoleil eſt plongé de 18° ſous l'horizon, la réfraction des rayons ni la hauteur de l'Atmosphére determinée par d'autres Phénomenes, ne ſauroient expliquer cette clarté, car il faudroit pour cet effet augmenter la hauteur de l'Atmoſphere jusqu'à 30 milles, élévation qui répugne à tout le reſte des Phénoménes. Aulieu qu'en admettant l'action des rayons du Soleil qui a deja été aſſez démontrée par les queües des Cometes, & que la Lumiere Boreale prouvera bientot plus abondamment par rapport à la Terre, il eſt manifeſte que cette lumiere dans la région du Ciel qui eſt ſituée au deſſus de nôtre air épais, doit préceder le lever du ſoleil, & ſuivre ſon coucher, & qu'à cauſe de ſa grande diſtance de la terre, elle doit paroitre avec aſſez de force pour produire les Phénoménes du Crépuscule. Mais je ne m'arrête pas plus longtems à cet effet, & je paſſe à la cauſe de l'Aurore Boreale, qui paroit beaucoup plus cachée.

XII. Tout-ce que nous avons dit jusqu'ici montre evidemment que les particules ſubtiles ſont chaſsées de l'Atmoſphére d'autant plus loin, que le Soleil demeure plus longtems prés de l'horizon, c'eſt à dire, qu'il s'eleve moins ſubitement au deſſus, ou s'enſonce au deſſous. Par cette raiſon l'effet dont il s'agit doit etre beaucoup moindre dans les lieux de la Terre ſitués prés de l'Equateur que dans les contrées qui en ſont plus eloignées. Autour des Poles donc de la Terre, où le Soleil pendant pluſieurs jours conſécutifs, eſt viſible prés de l'horizon, cet effet doit etre trés grand, & chaſſer les particules ſubtiles à une grande diſtance de la Terre. Soit, par exemple, (Fig. 4.) AB l'axe de la Terre, & A & B ſes Poles; dans le tems des Equinoxes, où les rayons du

Soleil

Soleil G G tombent perpendiculairement ſur l'Equateur D, le Soleil ſera viſible pendant quelque tems ſous les Poles mêmes à l'Horizon, ou les rayons du Soleil E E & F F toucheront l'Atmoſphére de la Terre dans les points E & F. Ils en chaſſeront donc les particules les plus ſubtiles ſuivant les directions E e, F f, & à cauſe de la peſanteur elles s'ecarteront tant ſoit peu vers E E & F F. Les rayons plus voiſins de la Terre produiront un effet ſemblable, jusqu'à ce qu'ils touchent la Terre même dans les points *a* & *b*; tels ſont les rayons H H *a b b*, I I *b i i*. Par conſéquent à l'un & à l'autre une region fort etenduë au deſſus de l'Atmoſphére E *e b b*, & F *f i i*, ſe remplira de ces particules chaſsées, qui etant illuminées par le Soleil, ſeront viſibles la nuit aſſez loin des Poles, & nous repréſenteront le Phénoméne, que nous appellons Aurore Boreale. En effet cette clarté du Ciel ſe montre d'abord vers les Poles, & enſuite elle eſt fort fréquente autour des Equinoxes; circonſtances qui conviennent parfaitement à nôtre explication. Cela n'exclut pourtant pas entierement les tems plus eloignés des Equinoxes, puisque le Soleil, lorsqu'il éclaire l'autre Zone froide, exerce aſſez longtems ſon action ſur l'Atmoſphére, quoique le mouvement diurne rende cet effet beaucoup moindre. L'expulſion des particules hors de l'Atmoſphére de la Terre dépend principalement de l'etat de l'air dans les Zones froides; car quand le Ciel eſt ſerain dans ces régions, & que les rayons du Soleil ont un libre paſſage à travers l'Atmoſphére, un beaucoup plus grand nombre de particules ſont emportées, & à une diſtance plus conſiderable de la Terre, que ſi le Ciel etoit couvert, & que la plupart des rayons fuſſent abſorbés par les vapeurs. L'on comprend par là que ce Phénoméne eſt fort variable, & qu'il n'eſt

aſtreint

aſtreint à aucunes Loix, par lesquelles on puiſſe aſſigner ſa quantité ou prédire ſon apparition.

XIII. TOUTES LES Obſervations qu'on a faites ſur les Aurores Boreales, nous enſeignent inconteſtablement, que la matiere, dont la lumiére produit ces Phénoménes, n'exiſte point dans nôtre Atmoſphére ; mais qu'elle eſt extremement eloignée de nous. Car quoique ſa vraye diſtance ne puiſſe par etre déterminée par les Obſervations, cependant l'eloignement des lieux, dans lesquels on voit ſouvent le même Phénoméne à la fois, met en droit de conclurre qu'il eſt placé à une trés grande diſtance de la ſurface de la Terre. Mais l'explication que nous donnons ici confirme manifeſtement la même choſe; car les particules les plus ſubtiles etant, comme nous l'avons vû, pouſsées à une diſtance de la Terre d'environ 30 milles, dans le tems du point du jour & du crépuscule, quoiqu'elles ne demeurent pas à peine exposées une heure à l'action des rayons du Soleil; il eſt aisé de s'appercevoir que dans le voiſinage des Poles, où cette action dure pluſieurs jours de ſuite, de ſemblables particules doivent etre emportées à quelques milliers de milles de la Terre, enſorte que la hauteur de la Colomne illuminée A E *e b*, ou B F *f i* peut quelque fois ſurpaſſer le diametre entier de la Terre. Que ſi la choſe arrive, l'Aurore Boreale devient viſible dans les contrées de la Terre, qui ſont de part & d'autre à 60 degrés du Pole. Mais comme un auſſi grand effet eſt trés rare à cauſe des raiſons ci deſſus alleguées, le ſpectacle de l'Aurore Boreale eſt peu familier aux païs qui ſont à une diſtance conſiderable des Poles; mais dans ceux, qui en ſont plus voiſins, ce Phénoméne doit etre beaucoup plus fréquent, puisque les particules y ſont viſibles, ſans avoir beſoin d'etre pouſsées à un trop grand éloignement de la Terre, & que l'action du

Soleil

Soleil pendant un jour, ou même pendant quelques heures, est suffisante pour les elever à la hauteur nécessaire. C'est pour cela qu'en Laponie & dans les autres païs de la Zone froide, on voit si souvent des Aurores Boreales, mais quand elles se manifestent dans nôs contrées, nous pouvons en conclurre avec assurance que le Ciel a été sérein pendant un tems assés considerable au Pole, & que les rayons du Soleil ont pu y déployer leur force sans aucun obstacle. Par rapport à la situation de ces Aurores dans le Ciel, ce que nous avons dit montre clairement, que la plus grande force de l'Aurore Boreale, ou son milieu, devroit etre vuë dans la région opposée au Soleil, si la Terre etoit privée du mouvement diurne. Mais quoique la matiere chassée hors de l'Atmosphère suive l'impression de ce mouvement diurne, c'est pourtant avec un peu plus de lenteur, d'où il arrive que le milieu de chaque Aurore Boreale devance un peu le lieu opposé au Soleil; ce qui s'accorde assez exactement avec les Observations qu'on a faites sur la déclinaison de ce Phénoméne par rapport au vrai septentrion.

XIV. Au reste, comme les particules chassées de l'Atmosphére de la Terre, dont la lumiere produit l'Aurore Boreale, ne sont pas repos, & qu'au contraire elles sont agitées d'un mouvement perpetuel, le spectacle qui en résulte n'est pas tranquille, & l'on y remarque un ébranlement universel. De plus comme les rayons qui en viennent jusqu'à nous traversent l'Atmosphére, où les particules les plus grossieres qui voltigent dans nôtre air leur font souffrir plusieurs refractions & reflexions, il est manifeste que les apparences des Aurores Boreales doivent etre sujettes à de grands dérangemens. On comprend donc par là la cause générale de l'extreme varieté qui accompagne ces Phénoménes, quoique nous ne soyions pas

pas en etat de rendre raiſon des ſingularités de chacun d'eux pris à part. Mais il ſe préſénte une Objection, qui n'eſt pas peu importante. Puisque de pareilles clartés dans le Ciel ne ſont pas plus propres au Pole Septentrional qu'au Pole Auſtral, d'où vient que nous n'apprenons pas qu'on ait jamais obſervé d'Aurores Auſtrales dans l'Hémiſphere Auſtral de la Terre ? Je n'aurai pourtant pas de peine à lever ce doute. Car premierement, le froid exceſſif qui régne autour du Pole Auſtral, n'a pas encore permis d'en approcher au delà du 60me degré, & encore ne peut-on parvenir jusques là que presque au milieu de l'Eté, où il n'y a point d'Aurores Boreales. Enſuite dans les regions plus diſtantes du Pole Auſtral, qui ſont perpetuellement habitées, de ſemblables Aurores Auſtrales deviennent déja beaucoup plus rares, & au cas qu'il en paroiſſe quelquefois, peut-etre ne les remarque-t-on pas, ou du moins ne nous en communique-t-on pas les Obſervations. Une autre Objection contre cette Theorie ſemble pouvoir etre tirée du reſte des Planetes, autour desquelles on ne voit jamais cette lumiere vers les Poles, que les particules chaſſées de leur Atmoſphére devroient y montrer. Mais ſi nous refléchiſſons ſeulement ſur la diſtance, nous la trouverons d'une telle grandeur, qu'elle ne nous permet pas d'appercevoir une lumiere auſſi foible. La Lune au moins, dira-ton, qui eſt ſi voiſine de nous, devroit nous préſenter ce Phénoméne, & même il devroit y etre produit avec beaucoup de plus de force que ſur la Terre à cauſe de l'extreme lenteur du mouvement de vertige de la Lune. Mais comme la Lune eſt ou entierement deſtituée d'Atmoſphére, ou du moins qu'elle n'en a qu'une trés mince, il n'eſt pas ſurprenant que ce Phénoméne n'exiſte pas autour de la Lune, ou que ſa ſubtilité le rende imperceptible à notre vüe.

 XV. S'IL

XV. S'il y a autour du Soleil de ſemblables particules, ſur leſquelles les rayons puiſſent exercer leur force, il en devra réſulter un Phénoméne tout à fait conſtant, vu que l'action des rayons ſeroit perpetuelle, & ſans aucun changement. Or les taches du Soleil, qu'on remarque etre placées à une diſtance aſſez conſidérable de ſa ſurface, donnent lieu de conclurre que le Corps du Soleil eſt environné d'une Atmoſphére, & je ne vois aucun ſujet de douter qu'elle ne ſoit abondamment remplie de particules trés ſubtiles. Mais comme la peſanteur eſt trés grande dans le voiſinage du Soleil, & qu'elle ſurpaſſe ſans doute de beaucoup la force que les rayons exercent ſur ces particules, leur expulſion ſeroit entierement arrêtée par là, ſans le mouvement gyratoire du Soleil. C'eſt pourquoi prés des poles du Soleil les particules ne cederont point à l'impulſion, parce que la force centrifuge y evanouït entierement. Mais autour de l'Equateur du Soleil, où la force centrifuge eſt la plus grande, quoique la force des rayons ſoit encore bien moindre que la peſanteur, elle ſuffira neanmoins pour dilater conſiderablement la figure de l'Atmoſphére Solaire. Car, ſans la force des rayons, la peſanteur & la force centrifuge reünies donneroient une figure determinée & conſtante à l'Atmoſphére du Soleil, & cette figure s'eloigneroit d'autant plus de la Sphérique, que la raiſon de la force centrifuge à celle de peſanteur ſeroit plus grande; au lieu que cette raiſon etant très petite, la figure de l'Atmoſphére ſeroit la plus prochaine de la ſphérique. Mais ſi l'on a egard à l'action des rayons, dont la force eſt contraire à la peſanteur, & décroit comme elle en raiſon doublée des diſtances du Soleil, il en réſulte une diminution de la peſanteur, & l'Atmoſphére prend la même figure qu'elle auroit, ſi la peſanteur etoit beaucoup moindre, la force centrifuge ne ſouffrant aucun changement. Tout cela montre

claire-

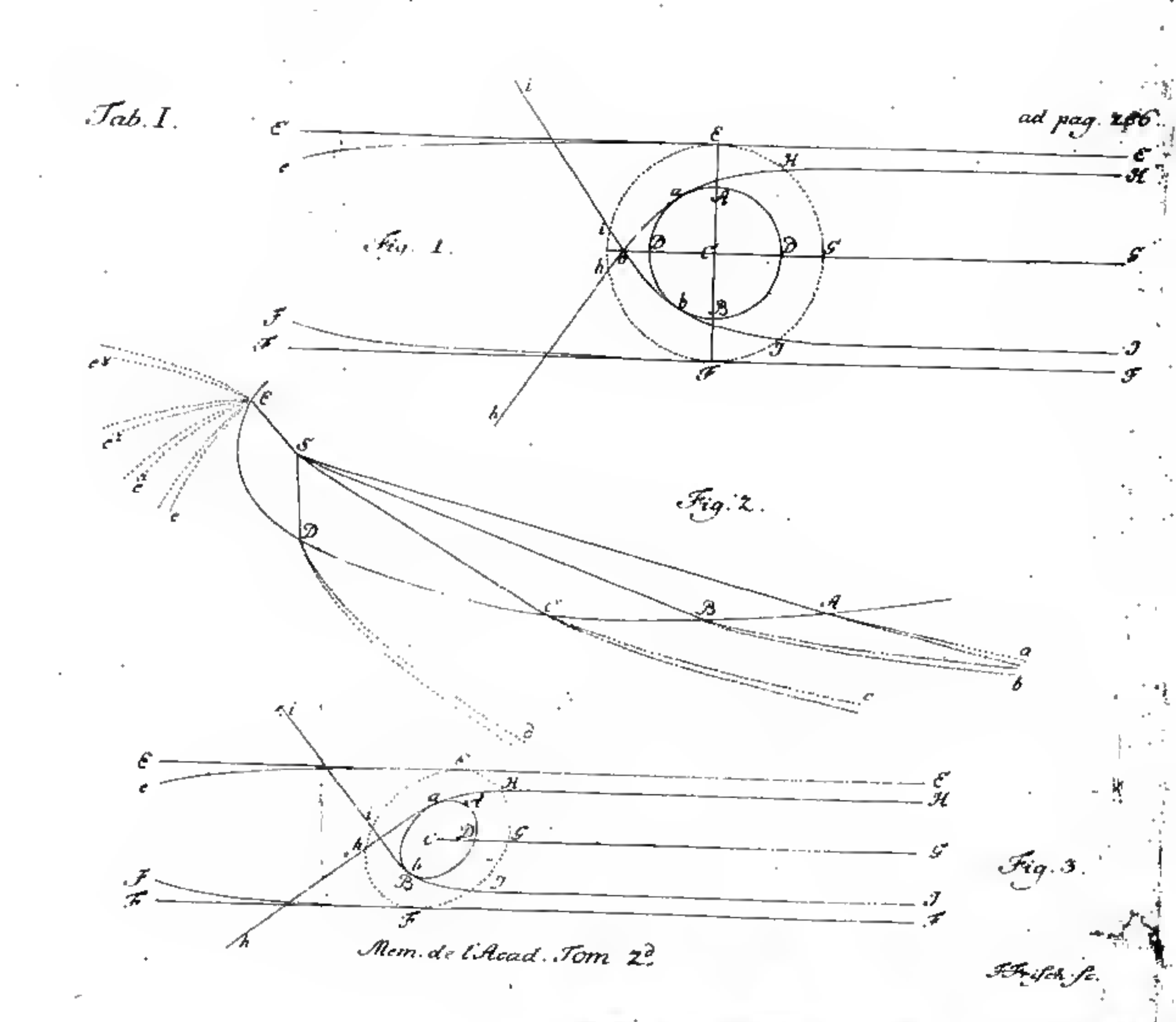
clairement que l'amplitude de l'Atmoſphére doit s'augmenter conſidérablement autour de l'Equateur du Soleïl ; mais qu'autour des Poles elle doit à peine être plus grande, que ſi la force des rayons etoit nulle. Le Corps du Soleil ſera donc environné d'une Atmoſphére, dont la figure ſphéroïdique ſera fort applatie vers les Poles, & fort etendüe autour de l'Equateur ; préciſément comme Mrs Caſſini & de Mairan repréſentent l'Atmoſphére Solaire, dans laquelle ils placent la Lumiere Zodiacale. Ainſi il eſt extrémement vraiſemblable que cette Lumiere Zodiacale n'eſt autre choſe que le Phénoméne offert par la vüe de l'Atmoſphére Solaire fort etenduë autour de l'Equateur ; & cela eſt egalement confirmé par la figure & par la ſituation de ce Phénoméne.

XVI. Mais pour mettre dans un plus grand jour, combien la diminution de la peſanteur peut augmenter l'etendüe de l'Atmoſphére Solaire autour de l'Equateur, faiſons un calcul fondé ſur les principes de l'Hydroſtatique. Soit donc (Fig. 5.) C le centre du Soleil, & A B ſon axe, autour duquel il tourne environ en 27 jours. Que E D F repreſente la ſection de l'Atmoſphére faite par l'Axe du Soleil, dont nous recherchons la figure ; laquelle etant arrivée à un etat permanent, il faut néceſſairement que la direction moyenne des forces par leſquelles chaque particule extreme M eſt ſollicitée, ſoit perpendiculaire à la ſurface de l'Atmoſphére M N. Qu'on tire de M à l'axe CD la normale MP, & qu'on appelle $CP = x$; $PM = y$, Et $CM = \sqrt{(xx + yy)} = z$. Que $\frac{ff}{zz}$ exprime la peſanteur de la particule M, par laquelle elle eſt preſſée vers C ; & que la force des rayons, qui écarte cette même particule du Soleil ſoit $= \frac{kk}{zz}$; en ſorte qu'à préſent la particule M dans la direction MC

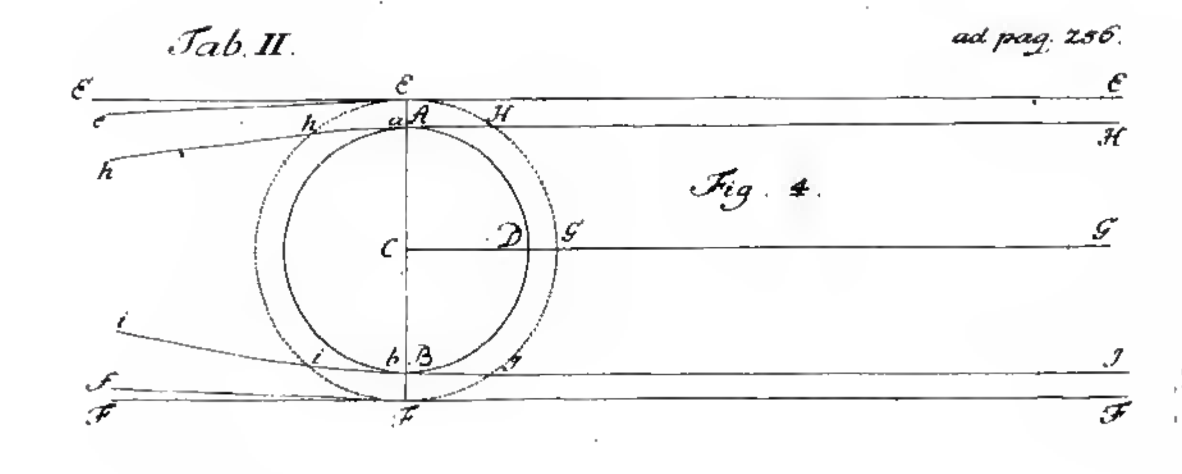
 ſoit

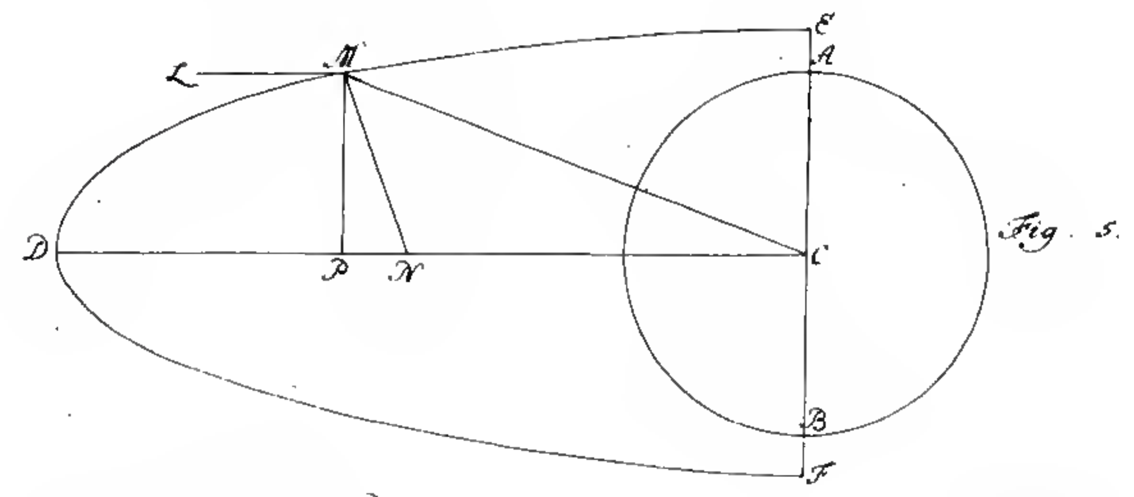
soit sollicitée par une force $= \frac{ff-kk}{zz}$. Ensuite, à cause du mouvement gyratoire, la particule M aura une force centrifuge proportionnelle à sa distance de l'Axe AB, laquelle soit $= \frac{x}{g}$ suivant la direction ML parallèle à CD. Or la normale MN etant la direction moyenne des forces MC & ML, il sera CM : CN $= \frac{ff-kk}{zz} : \frac{x}{g}$ Mais à cause de PN $= \frac{-ydy}{dx}$, CN sera $= \frac{xdx+ydy}{dx} = \frac{zdz}{dx}$; d'où résulte $z : \frac{zdz}{dx} = dx : dz = \frac{ff-kk}{zz} : \frac{x}{g}$, ou bien $\frac{xdx}{g} = \frac{(ff-kk)\,dz}{zz}$; laquelle equation etant integrée donne $\frac{xx}{2g} = C - \frac{ff-kk}{z}$. Mais si $x = o$, CM deviendra $=$ CE. Soit donc CE $= b$ & C sera $= \frac{ff-kk}{b}$, d'où $xx = \frac{2g\,(ff-kk)\,(z-b)}{bz}$. A present pour trouver la plus grande amplitude CD, qu'on fasse $z = x$, & l'on aura $bx^3 = 2g\,(ff-kk)\,(x-b)$; equation cubique, dont la racine x donnera l'amplitude CD. Mais si cette équation a une racine affirmative, comme cela doit arriver dans le cas actuel, elle aura aussi nécessairement trois racines réelles, & alors il pourroit arriver que l'Atmosphére se changeât en Anneau, & environnât le Soleil, comme l'Anneau de Saturne entoure cette Planete. Les Observations ne permettent pas de décider, si la Lumiere Zodiacale est contiguë au Soleil, ou placée à quelque distance de cet Astre en forme d'anneau. C'est pourquoi il suffira d'avoir proposé ces conjectures jusqu'à ce que l'experience permette de déterminer quelque chose de plus certain.

MÉMOIRE



Tab. I.
ad pag. 266.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Mem. de l'Acad. Tom 2d.
J.Frisch sc.


Tab. II.
ad pag. 256.
E
E
E
e
h
a
A
H
H
h
Fig. 4.
C
D
G
G
i
i
b
B
I
f
F
F
F


E
A
L
M
Fig. 5.
D
P
N
C
B
F

F. Frisch sc.